

관수로 자동급수전 논에서의 용수량과 수질

-충북 보은군 학림 관수로 지구를 대상으로-

Water Requirement and Water Quality in the Paddy Plot Irrigated by Pipelines With an Automatic Hydrant

*
오 광 영(충북대) · 김 진 수(충북대) · 김 선 종(충북대) · 김 영 화(농업기반공사)
Oh, Kwang Young · Kim, Jin Soo · Kim, Sun Jong · Kim, Young Wha

Abstract

In this study, we investigated the characteristics of labor of water management and maintenance, water requirement, water quality(T-N, T-P, COD) in the paddy plot irrigated by pipeline with two types of hydrants: automatic and manual.

The automatic hydrant have been introduced to the paddy field to save water and reduce the labor for water management. The automatic hydrant is automatically opened and closed according to the water depth of a paddy plot. The automatic hydrant generally developed more troubles than the manual hydrant.

The water requirements are 2.7mm/d for the automatic hydrant plot and 17.6mm/d for the manual hydrant plot. The concentrations of pollutants in the two plots are higher in the ponded water than in the irrigation water and are highest after fertilizer application.

I. 서론

현재 한국의 활용 가능한 수자원량은 661억 m³으로서, 이를 국민 1인당 활용 가능량으로 환산할 경우, 1950년의 3,247m³에서 1995년에는 1,472m³로 줄어들어 물 부족국가로 분류하고 있다. 그나마 2025년에는 1,258m³로 떨어질 것으로 전망되어 앞으로 적극적으로 물 소비량을 줄이지 않는다면, 우리나라는 물 기근 국가로 전락할 위기에 처할 것이다. 우리나라의 1인당 하루 평균 물 사용량은 391ℓ로 국민 소득을 감안하면 세계 최고 수준이다. 물값은 생산원가의 74% 수준에 불과하여 국가재정에 큰 부담을 주고 있으며, 지나치게 싼 물값은 과소비를 유도한다. 현재 우리나라 평균 물값은 m³당 240원으로 다른 나라의 1/3~1/6수준이다. 그리고 용수 수급현황을 살펴보면 농업용수가 총 용수의 약 50% 이상을 차지하고 있으며, 최근에는 물값도 받지 않는 실정이어서 이에 따른 과소비는 더욱 증대할 것으로 보인다.

농업용수의 급수와 배수는 농민들 스스로에 의해서 이루어지고 있다. 하지만 농민의 노령화 및 이농현상에 의한 노동력의 감소로 인하여 적절한 물관리가 이루어지지 않아 과다한 양의 농업용수가 낭비되고 있는 것이 현실이다. 이러한 용수공급의 낭비를 줄이기 위해 최근 자동식 물꼬 개발에 대한 노력이 이루어지고 있다. 1990년대에 일본에선 자동물꼬의 개발과 유지관리

점 등에 관한 많은 연구가 이루어졌으며, 국내에서는 정하우 등²⁾(1995), 김하집 등¹⁾(2000)에 의해 개수로의 자동급수전에 관한 연구가 수행되었다. 그러나, 관수로의 자동급수전을 현장에 적용한 예는 전무한 실정이다.

본 연구에서는 자동급수구(자동급수전이 설치된 단위논)과 수동급수구(수동급수전이 설치된 단위논)에서의 용수량, 수질특성 및 물관리 노력을 비교·분석하고자 한다.

II. 실험포장의 선정 및 실험방법

1. 실험포장의 선정

연구대상 지구로서 관수로 관개조직을 갖춘 그림 1과 같은 충북 보은군 보은읍 학림지구의 논을 선정하였는데, 학림지구는 경지정리된 대규모의 논으로서 물리면적은 약 280ha로서 농업 기반공사에서 물관리를 담당하고 있다. 용수는 금강의 지류인 보청천에서 취입보를 통하여 하천취수를 하고 있는데, 상류에는 저수량 16만 5천 m³의 상공저수지가 있다. 또한 제1호 용수지선의 물리면적은 259ha로서 설계용수량은 0.741m³/s로 되어 있으며, 지선수로는 그림2와 같은 개수로로 되어 있고, 지거수로는 관수로로 되어 있다.

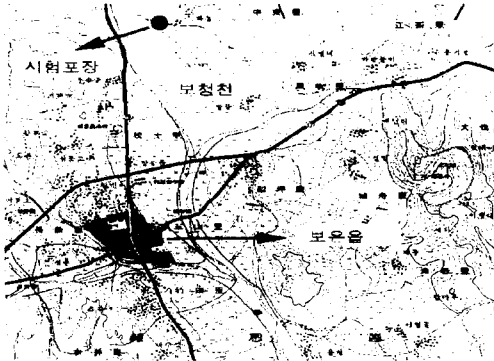


그림 1. 시험지구

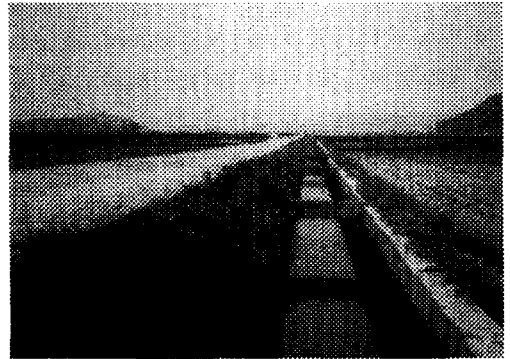


그림 2. 시험지구의 지선수로

2. 실험장치 및 방법

실험포장의 종류로서는 자동급수구와 수동급수구를 선정하였다. 그림 3과 같이 자동급수구의 면적은 0.5ha(1500평)이고 수동급수구의 면적은 0.29ha(850평)로서 모내기 각각 2000년 5월 13일과 12일에 실시하였고,

5월 13일에 자동급수전, 유량계, 측정장치들을 제작 및 설치하였다(그림 4,5). 측정 및 채수장치(그림 5)로서는 용수 유량계, 침투수량 측정기, 증발산량 측정기, 담수위 측정 자기수위계, 침투수 채수공이 있으며, 용수량과 담수위를 연속적으로 측정함으로써 배수량을 추정하였다.

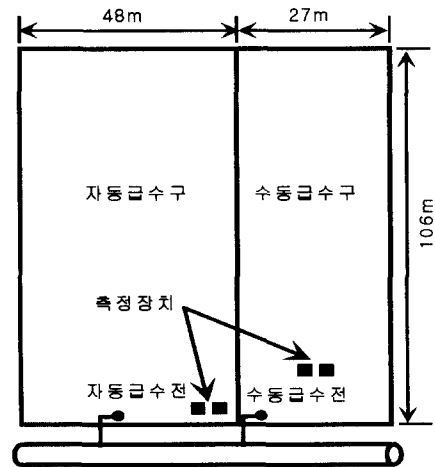


그림 3. 시험구의 개요

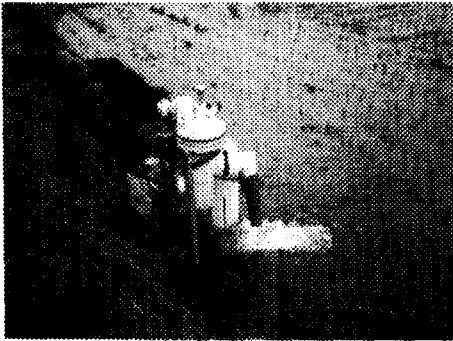


그림 4. 자동 급수전

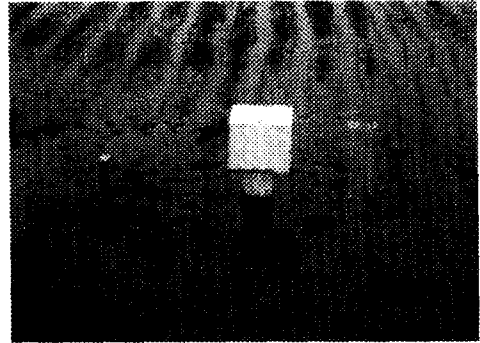


그림 5. 여러 가지의 측정장치

본 연구에서는 2000년 5월 15일부터 9월 중순까지의 관개기 동안 5일 혹은 10일 간격으로 표 1의 항목에 대한 수량 및 수질을 측정하였다.

표 1. 실험포장에서의 수량 및 수질 측정 항목

구 분	측 정 항 목
수 량	1) 용수량 2) 침투수량 3) 증발산량 4) 눈담수위
수 질 (TN, TP, COD)	1) 용수 2) 침투수 3) 눈표면수 4) 배수

III. 시험구의 유지관리 비교

본 연구에 적용한 자동급수전은 용수가 눈에 유입되어 담수위가 설정수위까지 상승하면 수위설정기내의 부표의 부력에 의해 밸브가 자동으로 폐쇄되는 기능을 가진 그림 6과 같은 급수전으로서 언제든지 수동으로도 전환이 가능하다.

자동급수전이 설치되어 있는 논의 평균도는 $\pm 4\text{cm}$ 이고, 급수전에 작용하는 압력은 약 $0.6\text{kg}/\text{cm}^2$ 이며, 용수공급을 위한 설정수위는 상한 수위 5cm , 하한 수위 2cm 로 설정되어 있다. 학립 관수로 지구는 간선과 지선이 개수로로 되어있어 지거의 관수로에 이물질(이끼, 벚짚, 고무 등)에 의한 유량계의 막힘 현상이 빈번하게 일어났다. 이로 인한 대책으로 가로 $28 \times 15 \times 15\text{cm}$ 의 스크린장치를 유량계 직전에 설치하였지만 용수공급시에 스크린에 걸린 이물질을 제거하기 위한 수차례의 주의가 필요하여 스크린 용량의 확대가 필요한 실정이다. 또한 소량의 이물질이 유량계를 통과하여 용수 차단시에도 모래 등에 의한 다이어프램의 불완전한 용수차단 현상이 일어

났다. 따라서, 세밀한 주의가 필요한 자동급수전의 설치에 앞서 스크린이 지선 혹은 지수거의 단계에서 설치되어야 한다.

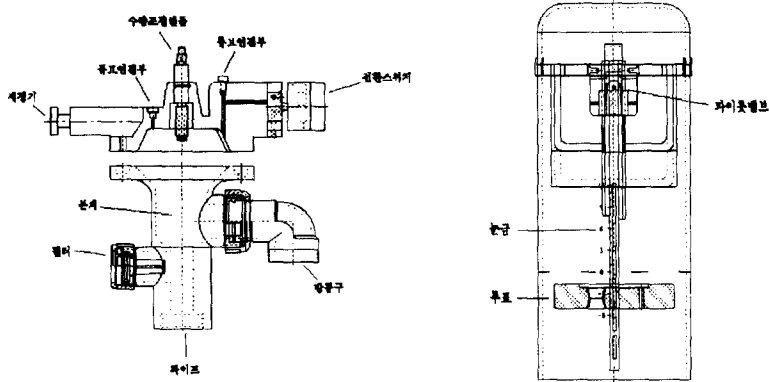


그림 6. 자동급수장치의 구조도

이러한 작동불량으로 인한 자동급수전과 수동급수전의 가동일수와 고장일수를 살펴보면 5월 13일부터 9월 6일까지의 가동일수 117일중 자동급수전의 고장일수는 54일로서 고장비율이 약 46%로 상당히 높은 비율을 보이고 있다(표 2). 물관리 노력 절감의 취지로 개발된 자동급수전의 목적이 잦은 고장으로 퇴색되는 경향이 있다. 또한 자동급수전은 시기별 적절 담수심에 대한 세심한 장치셋팅과 유지관리가 요구되므로 고령자에게는 부적절할 것으로 생각된다.

표 2. 자동급수전의 월별 고장일수

	5월13-31일	6월	7월	8월1-31일	9월1-6일	합계
가동 일수(A)	19	30	31	31	6	117
고장 일수(B)	16	23	13	2 (2)	0	54 (2)
고장비율(B/A)(%)	84	77	42	20 (20)	0	46 (2)

()은 수동급수전의 값

수동급수구에서도 유량계의 용량확대가 필요했지만 유량계의 막힘 현상은 거의 없었고, 단지 습기로 인한 유량계의 판독에 어려움이 있었다. 가동일수는 117일, 고장일수 2일로서 고장비율은 2%로 자동급수전보다 매우 낮았다.

수동급수전과 비교하여 자동급수전의 문제점들을 정리해 보면 다음과 같이 3가지로 나눌 수 있다. 첫째, 자동급수전의 기계상의 문제이다. 이물질의 유입으로 인한 막힘이나, 자동·정지 및 수동의 교환장치가 불안정하다. 이에 잦은 자동급수전의 막힘과 고장으로 급수장치보완의 필요성이 대두되며, 자동급수전 설치 지구에 적합한 스크린의 개발이 필요하다. 둘째, 관리상의 문제이다. 농민의 고령화로 자동급수전에 대한 인식이 부족하여 유지관리에 대한 노력이 결여되어 있다. 따라서, 자동급수전에 대한 장점과 단점의 파악 및 이에 대한 홍보가 필요하다

고 생각된다. 셋째, 농업수리 사회시스템의 문제를 들 수 있다. 물값 폐지로 인한 절수에 대한 인식이 저하되어 있는 상태 하에 자동급수전을 적극적으로 사용하려고 하지 않는다.

IV. 시험구의 용수량 및 담수위

수동급수구의 경우 6월 20일경부터 6월말까지 용수공급이 없었고 논 표면은 거의 배수가 된 상태로 물이 없었다. 이 시기에 총 220mm가량의 강우로 용수공급이 없었던 것으로 생각된다. 총 용수량은 자동급수구가 906m³(181.2mm), 수동급수구가 3474m³(1197.9mm)로 나타났다. 각 시험구별 일용수량은 자동급수구의 경우, 2.7mm/d(0.31 l/sec/ha)이고, 수동급수구의 경우 17.6mm/d(2.04 l/sec/ha)로 수동급수구가 자동급수구보다 약 6.6배 정도 높게 나타났다(그림 7). 여기서 수동급수구의 용수량은 일반 논에서의 평균적인 용수량에 해당된다고 볼 수 있다. 자동급수구의 용수량이 매우 작게 나타난 것은 자동급수전의 작동불량으로 소량의 용수 공급 때문으로 생각된다.

여기서, 1998년에 적용된 충주댐의 농업용수 요금인 3원/m³을 기준으로 하여 자동급수구와 수동급수구에서 사용된 용수량의 요금을 비교해 보면 표 3과 같다. 유지관리비를 적용하지 않은 농업용수 요금만을 산출한 비용은 자동급수구가 약 11,972원/ha, 수동급수구가 약 73,990원/ha으로 약 62,000원/ha의 비용이 절약된다고 할 수 있다.

표 3. 관개기동안의 용수요금 비교

구분	평균일용수량 (l/sec/ha)	1일평균용수량 (m ³ /ha)	요금 (원/m ³)	관개일수 (5월초순~9월중순)	관개기간 용수요금 (원/ha)
자동급수구	0.31	26.6	3	140	11,192
수동급수구	2.04	176.2	3	140	73,990

총강수량은 5월 14일부터 8월 31일까지 992.8mm이고, 7월 23일 최대 175.5mm를 기록했다.

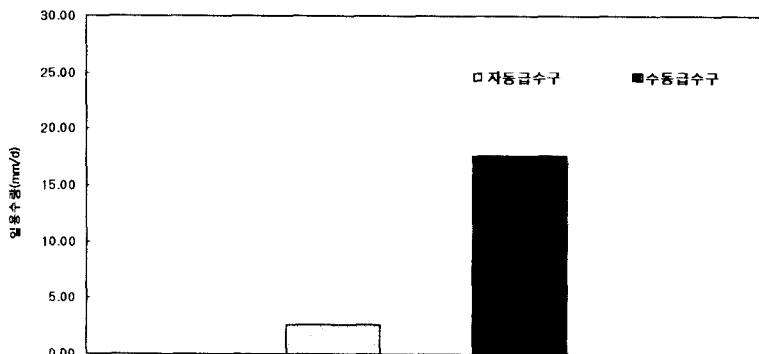


그림 7. 시험구의 평균 1일 용수량

수동급수구에서의 담수위의 변화는 그림 8과 같다. 평균 담수위는 6cm였으며, 관개기 초기와 장마기인 7월과 8월에 높은 담수위를 보였고, 6월 중순부터 7월 중순까지 약 4cm가량의 비교적 낮은 담수위를 보였다.

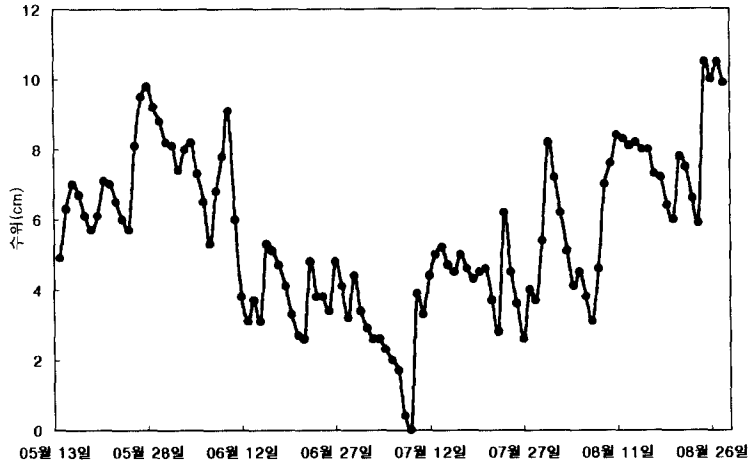


그림 8. 수동급수구에서 담수위의 변화

V. 시험구의 수질 비교

시험포장에서의 수질의 기본 통계치는 표 4와 같고, 시간에 따른 농도변화는 그림 8과 9와 같다.

표 4. 시험구의 T-N, T-P 및 COD농도

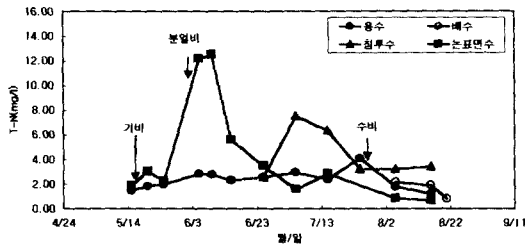
구분	표본 개수	T-N(mg/ℓ)					T-P(mg/ℓ)					COD(mg/ℓ)					
		Mean \bar{x}	Max	Min	표준편차 σ	변동계수 $\sigma/\bar{x}(\%)$	Mean \bar{x}	Max	Min	표준편차 σ	변동계수 $\sigma/\bar{x}(\%)$	Mean \bar{x}	Max	Min	표준편차 σ	변동계수 $\sigma/\bar{x}(\%)$	
자동급수구	논표 면수	11	4.3	12.5	0.7	4.2	98	0.17	0.37	0.02	0.13	79	14.3	33.7	5.4	10.3	72
	침투 수	6	4.4	7.6	2.6	2.0	46	0.06	0.12	0.01	0.05	72	7.9	14.1	4.3	3.8	49
	배수	3	1.6	2.2	0.8	0.7	44	0.05	0.11	0.01	0.05	103	8.6	17.0	3.3	6.0	70
수동급수구	논표 면수	11	4.4	15.7	0.7	5.0	114	0.48	2.39	0.01	0.83	173	13.8	66.4	4.4	17.0	123
	침투 수	12	1.8	2.8	0.6	0.7	38	0.04	0.07	0.02	0.01	37.3	6.7	14.9	3.0	3.1	47
	배수	4	0.9	1.1	0.7	0.1	15	0.22	0.61	0.05	0.27	123	12.7	18.9	7.5	4.3	34
용수	12	2.4	4.1	1.3	0.8	33	0.03	0.09	0.01	0.03	85	4.2	9.9	0.5	2.8	68	

(1) 용수와 배수

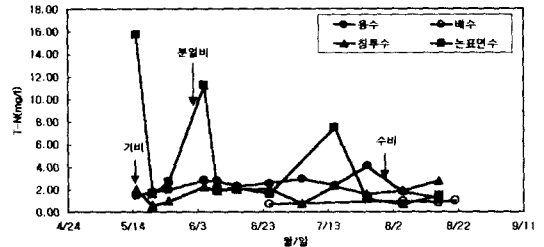
용수는 관수로를 통하여 공급되고, 또한 두 시험구가 서로 인접해 있으므로 같다고 간주하였다. T-N의 최대값은 4.1mg/ℓ 이고, 평균농도는 2.4mg/ℓ 로서 비교적 낮은 농도를 나타내고 있으며, T-P의 최대값은 0.09mg/ℓ 이고, 평균농도는 0.03mg/ℓ 로서 농업용수 수질기준인 0.1mg/ℓ

ℓ 보다 낮은 값을 보였다. 또한, COD의 최대값은 9.9mg/ℓ 이고, 평균농도는 4.2mg/ℓ 로 나타났다. 이와 같이 용수의 농도가 낮은 것은 용수원에 오염원이 거의 없기 때문으로 사료된다.

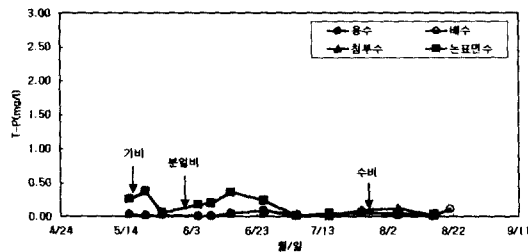
배수에 있어서 T-N의 평균농도는 자동급수구는 1.6mg/ℓ, 수동급수구는 0.9mg/ℓ 로 나타나 용수의 평균농도보다도 낮은 값을 보였고, T-P의 평균농도는 0.05mg/ℓ, 0.22mg/ℓ 이었으며, COD의 평균농도는 8.6mg/ℓ, 12.7mg/ℓ 로 나타났다.



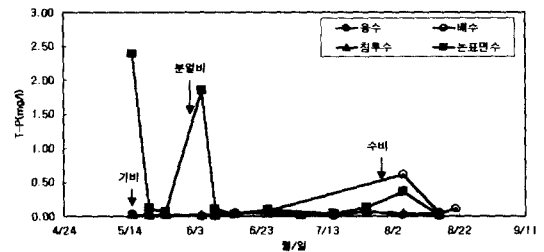
(a) T-N



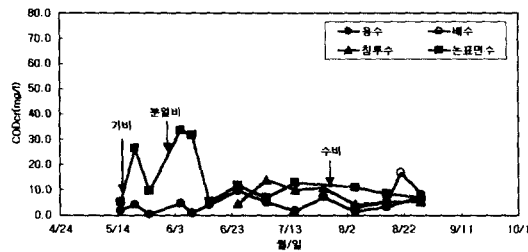
(a) T-N



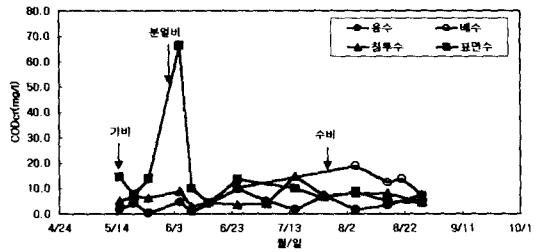
(b) T-P



(b) T-P



(c) COD



(c) COD

그림 8. 자동급수구의 농도변화

그림 9. 수동급수구의 농도변화

(2) 논 표면수와 침투수

자동급수구와 수동급수구의 논 표면수를 살펴보면, T-N의 평균농도는 각각 4.3mg/ℓ, 4.4mg/ℓ 이었고, T-P의 평균농도는 0.17mg/ℓ, 0.48mg/ℓ 이었으며, COD의 평균농도는 14.3mg/ℓ, 13.8mg/ℓ 이었다. 또한, 침투수의 T-N, T-P, COD의 평균농도는 각각 4.4mg/ℓ, 1.8mg/ℓ, 7.9mg/ℓ 과 0.06mg/ℓ, 0.04mg/ℓ, 6.7mg/ℓ 로 나타났다. 그림 8과 9에서 나타난 경향을 살펴보면, 논표면수는 기비기와 분얼비에 T-N, T-P, COD의 농도가 상승하는 것을 볼 수 있었는데, 분얼비에 더욱 명백히 나타났다. 이것은 심층시비하는 기비보다 직접 표면수에 시비하는 분얼비의 영향이 큰 것으로 사료된다. 그리고, 논표면수를 제외한 용수, 침투수는 매우 안정적인 경향을 보이

고 있었다.

VI. 요약 및 결론

본 연구에서는, 관수로 지구의 자동급수구와 수동급수구에서의 물관리 및 유지관리 노력, 용수량, 수질(T-N, T-P, COD)을 측정하여 비교·분석하였다. 여기서 얻은 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 자동급수전에는 잦은 고장으로 인한 급수장치 보완의 필요성이 요구되며, 자동급수전에 대한 장점과 단점 및 관리요령이 파악되어 이에 대한 홍보가 필요하다. 또한, 자동급수전의 보급을 위해서는 물값 폐지로 인한 절수에 대한 인식이 저하된 농업수리 사회시스템의 개선이 필요하다.
2. 용수량에 있어서 수동급수구의 용수량 17.6mm/d는 자동급수구의 2.7mm/d보다 6.6배 가량 높게 나타나, 용수요금으로 환산할 경우 연간 약 62,000원/ha의 비용이 절약된다고 할 수 있다.
3. 용수농도는 오염원이 거의 없어 비교적 낮게 나타났고, 논표면수의 농도는 기비와 분얼비의 직후에는 높게 나타났으며, 침투수의 농도는 비교적 안정된 값을 보이고 있는 것으로 나타났다.

VI. 참고문헌

1. 김하집·박상현·이용직, 2000, 논외 자동화 급수물꼬 개발, 한국관개배수, 제7권 제 1호, pp. 36~46
2. 정하우·이남호·김성준·최진용·한형근·김대식, 1995, 자동물꼬의 개발, 한국농공학회지, Vol. 37, pp. 49~54
3. 廣瀬愼一, 1990, 圃場における水口取水方式の検討, 農業土木學會論文集, 第155号, pp. 19~25